



मनोविकास प्रकाशन



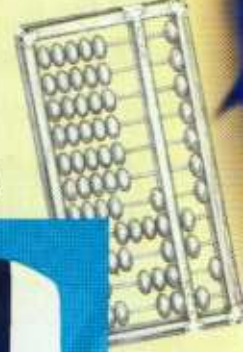
कॉम्प्युटर किंवा संगणक हा शब्द मोजणे किंवा गणना करणे यापासून आला आहे हे आता कोणाला आठवणार देखील नाही. साध्या गणिती क्रिया करण्यापासून ते आज संपूर्ण जगाशी क्षणार्थात संपर्क साधण्यापर्यंत आणि हवी ती माहिती निमिषार्थात सादर करण्यापर्यंत या अत्याधुनिक यंत्राची प्रगती कशी होत गेली आणि त्यातील महत्त्वाचे टप्पे पार करण्याचे काम किती कठीण होते हे असिमॉव्ह आपल्याला या पुस्तकात उलगडून दाखवतात. मोठ्या खोलीत पसरलेल्या अवाढव्य यंत्रापासून ते आजच्या खिशात मावणाऱ्या संगणकापर्यंतचा हा प्रवास विस्मयकारी आहे. हा मानव आणि यंत्र यांच्यातील सामना नसून एकमेकांना पूरक पद्धतीने याचा वापर कसा हितकारी ठरेल ते असिमॉव्ह यात अधोरेखित करतात.



शो धां च्या क था

# संगणक

आयझॅक आसिमॉव्ह



अनुवाद-सुजाता गोडबोले

शोधांच्या कथा

## संगणक

आयझॅक आसिमोव्ह  
अनुवाद : सुजाता गोडबोले



मनोविकास प्रकाशन

## अनुक्रमणिका

Shodhanchya Katha - Sanganak  
शोधांच्या कथा - संगणक

प्रकाशक । अरविंद धनःश्याम पाटकर  
मनोविकास प्रकाशन, सदनिका क्र. ३/अ, चौथा मजला, शक्ती टॉवर्स,  
६७२, नारायण पेठ, नू. म. वि. समोरील गल्ली, पुणे - ४११०३०.  
दूरध्वनी : ०२०-६५२६२९५०  
Website : [www.manovikasprakashan.com](http://www.manovikasprakashan.com)  
Email : [manovikaspublishation@gmail.com](mailto:manovikaspublishation@gmail.com)

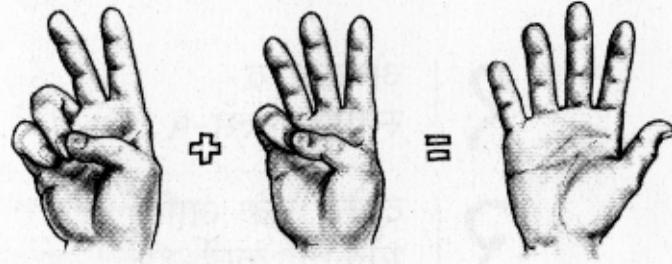
© हक्क सुरक्षित

मुखपृष्ठ । गिरीश सहस्रबुद्धे अक्षरजुळणी । गणराज उद्योग, पुणे.  
मुद्रक । बालाजी एन्टरप्रायजेस, पुणे. प्रथमावृत्ती । ११ जून २०१२  
ISBN : 978-93-81636-80-0

मूल्य । रुपये ३५

- १ | अँबॅकस व  
स्लाइड रुल्स-५
- २ | दातेरी चक्रे आणि  
भोकाची कार्डे-१५
- ३ | द्विजांकी आकडे  
व बटणे-२८
- ४ | ट्युब आणि  
ट्रान्झिस्टर-३८
- ५ | चिप्स आणि  
मायक्रोचिप्स-४५

## १ | अँबॅकस व स्लाइड रुल्स



हाताच्या बोटांवर मोजणे

आपण जेव्हा प्रथम शाळेत जाऊ लागलो, तेव्हा आपण १, २, ३, ४, ५, ६ .... असे आकडे मोजायला व लिहायला शिकलो.

त्यानंतर आपण बेरीज-वजाबाकी करायला शिकलो.  $३+४=७$ , आणि  $५-४=१$  वगैरेही शिकलो. या बेरजा-वजाबाक्या आपल्याला पाठ करायच्या होत्या, पण कधीकधी आपण त्या पाठ केल्या नाहीत. विसरल्यावर आपण काय केले? काही जणांनी बोटांवर ते हिशोब केले.

$३+४$  म्हणजे काय? १, २, ३ असे म्हणत आपण एकामागून एक अशी तीन बोटे मोजू, मग आपण आणखी चार बोटे वर करू. त्यानंतर १, २ असे म्हणतानाच एका हातावरची बोटे संपून जातील. ३, ४ म्हणताना आपण दुसऱ्या हाताची दोन बोटे मोजू. आता आपल्या हाताकडे पाहिले, तर एका हाताची सर्व बोटे व दुसऱ्या हाताची दोन बोटे वर केलेली दिसतील. वर केलेली सर्व बोटे मोजली की ती सात होतील. त्यावरून आपल्याला समजेल, की  $३+४=७$ .

आता  $५-४$  म्हणजे काय? १, २, ३, ४, ५ असे म्हणत आपण पाच बोटे वर करून मोजू. नंतर आपण त्यापैकी चार बोटे खाली वळवू आणि १, २, ३, ४ असे परत मोजू. मग एकच बोट वर राहिले असेल, म्हणून  $५-४=१$ .

बेरीज, वजाबाकी आणि आकड्यांशी संबंधित इतर हिशोब करतात, त्या प्रक्रियेचे वर्णन करण्याला इंग्रजीत 'कॉम्प्युट' असे क्रियापद वापरतात. मोजणे या अर्थाचाच हा एक शब्द आहे. बेरीज किंवा वजाबाकी करताना उत्तर मिळवण्यासाठी आपण मोजतो,

गणती करतो. मोजण्यासाठी ज्याचा उपयोग होतो त्याला म्हणतात कॉम्प्युटर. मराठीत आपण 'कॉम्प्युटर' या शब्दासाठी 'संगणक' असा शब्द वापरतो, त्याचाही अर्थ गणना करणारा, असाच आहे.

अर्थात, आपला मेंदू हाच सर्वात पहिला संगणक आहे, कारण बेरजा-वजाबाक्या आपण मनातल्या मनातही करू शकतो; परंतु उत्तर मिळवण्यासाठी मेंदूला ज्या साधनांची मदत होते, त्यांच्यासाठीच आपण हा शब्द वापरतो. म्हणजे आपली बोटे हा झाला पहिला संगणक.

आपल्याला फक्त दहाच बोटे असतात, ही यातली एक मोठीच अडचण आहे. समजा,  $८+७$  असे गणित करायचे असेल तर? प्रथम आठ आकडे मोजून आपण आठ बोटे वापरू व नंतर आणखी सात आकडे मोजण्यास सुरुवात केल्यावर लक्षात येईल, की आपल्याकडे फक्त दोनच बोटे शिल्लक आहेत; मग काय करणार?

कदाचित तुम्ही बूट-मोजे काढाल. दोन आकडे मोजून उरलेली दोन बोटे संपल्यावर पायाची बोटे मोजायला सुरुवात करता येईल व ३, ४, ५, ६, ७ असे मोजता येईल. तोपर्यंत दोन्ही हाताची बोटे व पायाची पाच बोटे मोजून संपली असतील. म्हणजेच सर्व मिळून पंधरा होतील. आता आपण म्हणू  $८+७ = १५$ .

आकडे मोजण्यासाठी असे बूट-मोजे काढावे लागणे त्रासदायकच आहे. दुसरा एक मार्ग म्हणजे, एखाद्या मित्राला बोटे घालायला सांगायचे, पण तेही तसे गैरसोयीचेच आहे. एखादे वेळेस मित्र तेथे नसेल किंवा तो दुसऱ्या कामात गुंतला असेल.

त्यापेक्षा एकदा आठ बोटे मोजल्यावर त्यात आणखी सात मिळवण्यासाठी दोन बोटे वापरल्यावर आपली दहा बोटे संपली, की एका कागदावर दहा लिहून ठेवायचे आणि त्यानंतर आपली बोटे परत ३, ४, ५, ६, ७ अशी मोजायची. अगोदर लिहून ठवलेली दहा

आणि आताची पाच मिळून होतील पंधरा.

आपल्याकडे दहाच बोटे आहेत तर ती मोजायचीच कशाला? त्याऐवजी खडे मोजले तर? अर्थात, बोटे नेहमीच आपल्याबरोबर असतात, खडे मात्र जमवावे लागतील. अर्थात, एकदा खडे गोळा केले की लहानशा पिशवीत घालून ती पिशवी सगळीकडे आपल्याबरोबर घेऊन जाता येईल. आपल्याला हवे तेवढे, शेकडो खडे आपण गोळा करू शकतो.

खड्यांचा उपयोग करून २५४ आणि १२७ ही बेरीज आपण करू शकतो. पहिल्यांदा मोजून २५४ खड्यांचा एक गड्डा करायचा. नंतर १२७ खड्यांचा दुसरा एक गड्डा करायचा. मग दोन्ही गड्डे एकत्र करून ते परत मोजायचे. ते  $३८१$  असतील, म्हणून  $२५४ + १२७ = ३८१$ .

लॅटिन भाषेत खड्यांना म्हणतात कॅल्क्युलस. म्हणून आपण एखादा अंकगणिताचा प्रश्न सोडवण्यास म्हणतो कॅल्क्युलेट. कॅल्क्युलेट आणि कॉम्प्युट या दोन्ही शब्दांचा अर्थ एकच आहे; पण आजकाल आकडेमोड करण्यासाठी आपण जी साधने वापरतो त्यांना आपण 'कॅल्क्युलेटर' असे म्हणतो. त्यापेक्षा अधिक गुंतागुंतीच्या साधनांना आपण 'कॉम्प्युटर' म्हणतो.

अर्थात, एवढे सगळे खडे मोजत बसणे तसे कंटाळवाणेच आहे. यावर काही सोपा उपाय नाही का? खड्यांना जर रंग दिला तर? समजा, लाल खडा म्हणजे १००, पांढरा खडा म्हणजे १० आणि निळा खडा म्हणजे १ असे ठरवले, तर २५४ साठी आपण २ लाल खडे, ५ पांढरे व ४ निळे खडे एकत्र गड्डा करून ठेवू. १२७ साठी असेच आपण १ लाल, २ पांढरे व ७ निळे खडे घेऊ. दोन्ही गड्ड्यात मिळून ३ लाल, ७ पांढरे व ११ निळे खडे असतील. यापैकी १० निळ्या खड्यांच्याऐवजी आपण त्याच अर्थाचा एक पांढरा खडा घेऊ. आता आपल्याकडे ३ लाल, ८ पांढरे आणि १

निळा असे खडे असतील, म्हणजे उत्तर झाले ३८१.

तरीही एका पिशवीत खडे घेऊन फिरणे तसे गैरसोयीचेच आहे. शिवाय कोणत्या रंगाचा काय अर्थ आहे ते लक्षात ठेवून योग्य ते खडे उचलावे लागतील व नंतर हिशेब करावा लागेल.

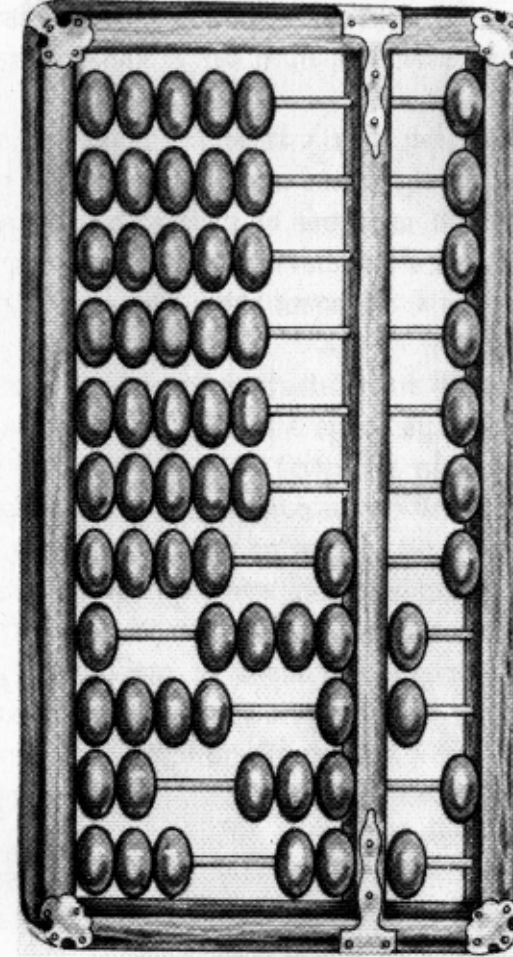
हजारो वर्षांपूर्वी कोणीतरी एका तारा लावलेल्या लाकडी चौकटीचा शोध लावला. प्रत्येक तारेवर १० मणी लावलेले होते व काही मोकळी जागा सोडलेली होती, म्हणजे ते पुढे-मागे सरकवता येत असत.

पहिल्या तारेवरील सर्व मण्यांची किंमत होती १, दुसऱ्या तारेवरील मण्यांची होती १०, तिसऱ्या तारेवरील १००, चौथीवरील १००० वगैरे वगैरे... अशा प्रकारे अधिक तारा वाढवून मण्यांची किंमत हिशेबासाठी हवी तेवढी वाढवता येत असे.

गणित सोडवण्यासाठी निरनिराळ्या तारेवरील मणी मोजायचे व त्यांना तारेवर एका बाजूकडून दुसरीकडे सरकवायचे. १० मणी सरकवून झाले, की त्यांना परत पहिल्या जागी आणायचे व त्याऐवजी अधिक किमतीच्या तारेवरील एक मणी सरकवायचा. या साधनाला अॅबॅकस असे नाव आहे.

अॅबॅकसच्या साहाय्याने बेरीज-वजाबाकी करायला चटकन शिकता येते. एखाद्याकडे दहा-दहा बोटांचे अनेक समुदाय असावेत किंवा वेगवेगळ्या रंगांचे खडे असावेत तसेच हे आहे; पण अॅबॅकसमधील सर्व मणी एकाच रंगाचे असू शकतात. मात्र, ते वेगवेगळ्या तारांवर असायला हवेत.

याहून अधिक गुंतागुंतीचे अॅबॅकसही असू शकतात. यात प्रत्येक तारेचे दोन विभाग केलेले असतात. एका भागात ५ आणि दुसऱ्या भागात फक्त १ किंवा २ मणी असतात. (प्रत्येकाची किंमत ५, ५०, ५०० वगैरे). अॅबॅकसच्या साहाय्याने गुणाकार, भागाकार आणि त्याहून अधिक गुंतागुंतीची गणितेही सोडवता येतात.



अॅबॅकस

ऑबॅकसच्या वापरासाठी हातांचा उपयोग करावा लागतो. जेव्हा एका विशिष्ट तारेवरील सर्व मणी एका बाजूला केले जातात, तेव्हा ते सर्व परत आणले पाहिजेत आणि त्याऐवजी जास्त किमतीच्या तारेवरील एकच मणी सरकवायला हवा. हे आपोआप होईल असा काही मार्ग असेल का?

१६४४ साली ब्लेझ पास्काल (१६२३-१६६२) या फ्रेंच गणितज्ञाने असे एक साधन बनवले. त्यात एकमेकांत गुंतलेली अनेक चक्रे होती. प्रत्येक चाक १० घरे फिरून एक फेरी पूर्ण करत असे. प्रत्येक खाच फिरल्यावर एका भोकात एक आकडा दिसत असे. यात ० ते ९ असे आकडे होते व ९ झाल्यावर परत ० येत असे.

जेव्हा एक चाक ० वर परत येई, तेव्हा त्याच्या डावीकडचे चाक आपोआप एक घर पुढे जात असे. या चाकावरील आकडा ० च्या ऐवजी १ होत असे. म्हणजे  $९+१$  अशी बेरीज केली की १० मिळे. प्रत्येक वेळी उजवीकडच्या चाकाने एक फेरी पूर्ण केली, की त्याच्या डावीकडचे चाक एक घर पुढे जात असे. अखेर ९९ हा आकडा आल्यावर उजवीकडचे चाक अजून एक घर फिरवले, की त्याच्या डावीकडचे चाक ९ वरून ० वर जाई व त्याने त्याच्या डावीकडच्या चाकावर १ हा आकडा येई. म्हणजेच  $९९+१=१००$ . ही चाके उलट दिशेने फिरवून वजाबाकीही करता येत असे.

पास्कालचे हे साधन हा पहिलाच यांत्रिक कॅल्क्युलेटर होता. यात माणसाला सर्व काम करावे लागत नसे, तर हे साधन काही कार्य स्वतःच करत असे.

पास्कालच्या या साधनाने गुणाकार व भागाकारही करता येत असे.  $६१ \times ४२$  याचे उत्तर हवे असल्यास,  $६१+६१+६१$  असे ४२ वेळा केले की २५६२ हे उत्तर येणार.

हे करण्यास अर्थातच खूप वेळ लागणार आणि कधीतरी



ब्लेझ पास्काल  
(१६२३-१६६२)

किती वेळा बेरीज केली हे मोजण्यात चूक होणारच. १६७१ साली गॉटफ्रीड विल्हेम लिबेनिट्झ (१६४६-१७१६) या जर्मन गणितज्ञाने याहून अधिक गुंतागुंतीचे गुणाकार व भागाकारही करणारे साधन बनवले.

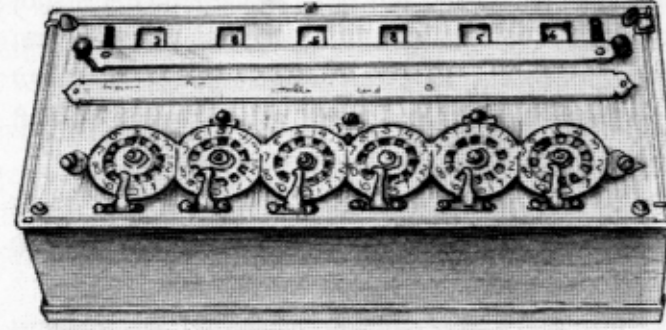
पास्काल व लिबेनिट्झ यांनी तयार केलेल्या यांत्रिक कॅल्क्युलेटरचा त्यांच्या काळात फारसा वापर झालाच नाही. ते बनवणे बरेच खर्चिक होते आणि फक्त साधी गणिते करण्यासाठीच त्यांचा उपयोग होत असे. त्यापेक्षा असे प्रश्न कागदावर सोडवणेच लोकांना सोपे वाटत असे.

जॉन नेपियर (१५५०-१६१७) या स्कॉटिश गणितज्ञाने बनवलेल्या साधनापासून ते अधिक लोकप्रिय होऊ लागले. १५९४ ते १६१४ या काळात प्रत्येक आकड्याला लॉगॅरिथम नावाचा एक निराळा क्रमांक देण्याची पद्धत त्याने शोधून काढली. कोणत्याही आकड्याचा लॉगॅरिथम क्रमांक दर्शवणारे तक्तेही त्याने तयार केले.

दोन आकड्यांचा गुणाकार करण्याऐवजी त्या दोन्ही आकड्यांचे लॉगॅरिथम क्रमांक शोधून त्यांची बेरीज करायची. ही बेरीज म्हणजे एक नवा लॉगॅरिथम क्रमांक असे. त्याच्याशी संबंधित आकडा तक्त्यात शोधून काढला, की ते त्या गुणाकाराचे उत्तर असे. दोन आकड्यांचा भागाकार करण्याऐवजी लॉगॅरिथमच्या त्या दोन क्रमांकांची वजाबाकी करून मिळालेल्या लॉगॅरिथमच्या क्रमांकाशी संबंधित आकडा शोधला, की काम झाले.

गुणाकार किंवा भागाकार करण्यापेक्षा बेरीज किंवा वजाबाकी करणे सोपे आहे. गुंतागुंतीचे गुणाकार किंवा भागाकार करण्यापेक्षा लॉगॅरिथमने यासाठी सहज वापरण्याजोगा एक सोपा मार्ग शोधून काढला.

१६३२ साली विल्यम ऑट्रिड (१५७४-१६६०) या इंग्रज गणितज्ञाने लॉगॅरिथम शोधण्यात वाया जाणारा वेळ वाचवण्यासाठी



ब्लेझ पास्कालचे यंत्र

एक सोपा मार्ग काढला. एका लाकडी पट्टीवर त्याने सर्व क्रमांक अशा तऱ्हेने मांडले, की प्रत्येक आकड्याचे पट्टीच्या सुरुवातीपासूनचे अंतर त्या आकड्याच्या लॉगॅरिथमच्या क्रमांकाएवढेच असे. जर अशा दोन पट्ट्या एकत्र ठेवल्या आणि शेजारची पट्टी हवी तेवढी हलवून, हवे असलेले लॉगॅरिथमचे क्रमांक एकामेकासमोर आणले, तर त्यांची बेरीज करून गुणाकाराचे उत्तर चटकन मिळवता येईल. जर या पट्ट्यांची हालचाल उलट दिशेने केली, तर लॉगॅरिथमची वजाबाकी करून भागाकाराचे उत्तर काढता येईल.

या साधनांना स्लाइड रूल म्हणतात. यात अधिकाधिक सुधारणा करण्यात आल्या, त्यामुळे अनेक गुंतागुंतीचे प्रश्नही चटकन सोडवता येऊ लागले. १९६० च्या दशकापर्यंत कोणत्याही शास्त्रज्ञाला किंवा शास्त्राच्या विद्यार्थ्याला स्लाइड रूल अत्यावश्यकच असे. कॉलेजमध्ये असताना माझ्याकडेही असा स्लाइड रूल होता आणि अद्यापही आहे.

दुसऱ्या जागतिक युद्धापर्यंत जपान व चीन या देशात अॅबॅकसचाही खूप वापर केला जात असे. सरावलेल्या हातांनी त्यांचे कामही स्लाइड रूलइतक्याच झपाट्याने होत असे.

पास्कालने बनवलेले साधनही पूर्णपणे अडगळीत टाकण्यात आले नव्हते. मोटारीमध्ये एकूण किती मैल प्रवास झाला हे मोजणारे एक साधन असते. ते हुबेहूब पास्कालच्या साधनाप्रमाणेच कार्य करते.



स्लाइड रूल

## २ | दातेरी चक्रे आणि भोकाची कार्डे

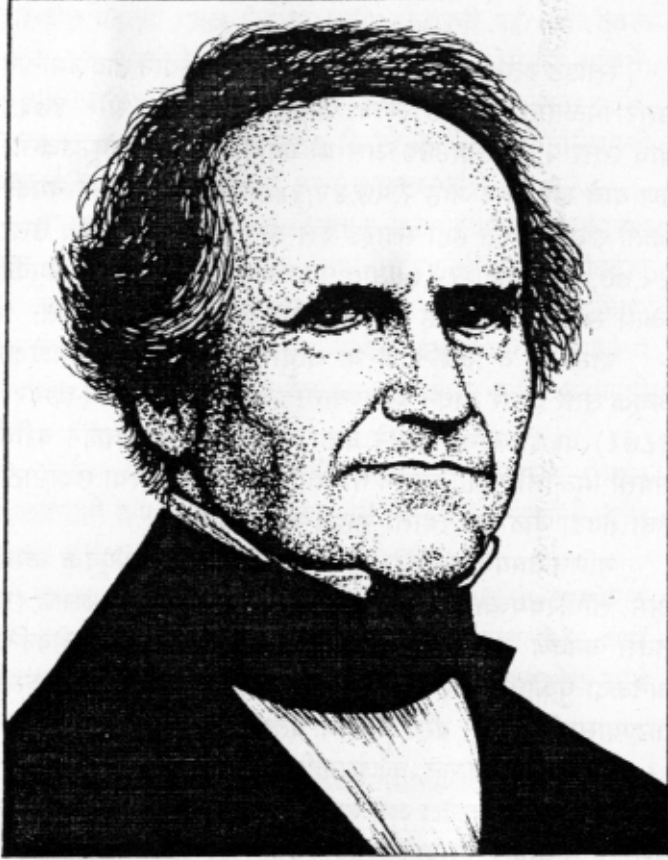
स्लाइड रूलची मुख्य अडचण ही आहे, की त्याने ढोबळमानाने उत्तरे मिळतात. स्लाइड रूलचा वापर करून  $५,४३२ \times ४७३९$  याचे उत्तर २,५७,००,००० असे मी काही सेकंदात सांगू शकतो; पण याचे खरे उत्तर आहे २,५७,४२,२४८. शिवाय, उत्तरात नेमकी किती स्थाने आहेत हेही स्लाइड रूल सांगू शकत नाही. हेच उत्तर २५,७०,००० किंवा २५,७०,००,००० असेही असू शकेल. नेमकी किती स्थाने असावीत हे मलाच विचार करून ठरवावे लागेल.

पास्काल व लिबेनिट्झ या दोघांनी बनवलेल्या साधनांपेक्षा अचूक उत्तरे देणारे साधन बनवण्याचा प्रयत्न चार्ल्स बॅबेज (१७९२-१८७१) या इंग्रज गणितज्ञाने केला. त्याला वारसाहक्काने बरीच संपत्ती मिळाली होती, म्हणून गणिताविषयीच्या आपल्या छंदांसाठी हवा तेवढा वेळ देणे त्याला सहज शक्य होते.

गणितविषयक आकडेमोड तो अतिशय काळजीपूर्वक करत असे. लॉगॅरिथमच्या तक्त्यांत बऱ्याच वेळा अनेक चुका असत (हे तक्ते बनवणे तसे बरेच गुंतागुंतीचे असते), त्यामुळे लोकांना अनेकदा चुकीची उत्तरे मिळत असत. या चुका शोधून त्या दुरुस्त करण्यासाठी बॅबेजने बरेच परिश्रम घेतले.

१८२२ सालापासून, कोणत्याही आकड्यांचे लॉगॅरिथम क्रमांक आपोआप शोधून काढेल असे एखादे यंत्र बनवता आल्यास आपला बराच त्रास वाचेल, या दृष्टीने त्याने विचार करण्यास सुरुवात केली.

प्रत्यक्षात हे काम करू शकेल अशा एका खूप गुंतागुंतीच्या साधनाचा बॅबेजने आराखडा तयार केला. यात अनेक दांडे, चाके, एकाच दिशेने फिरणारी दातेरी चक्रे वगैरे असलेले हे यंत्र अनेक



चार्ल्स बॅबेज  
(१७९२-१८७१)

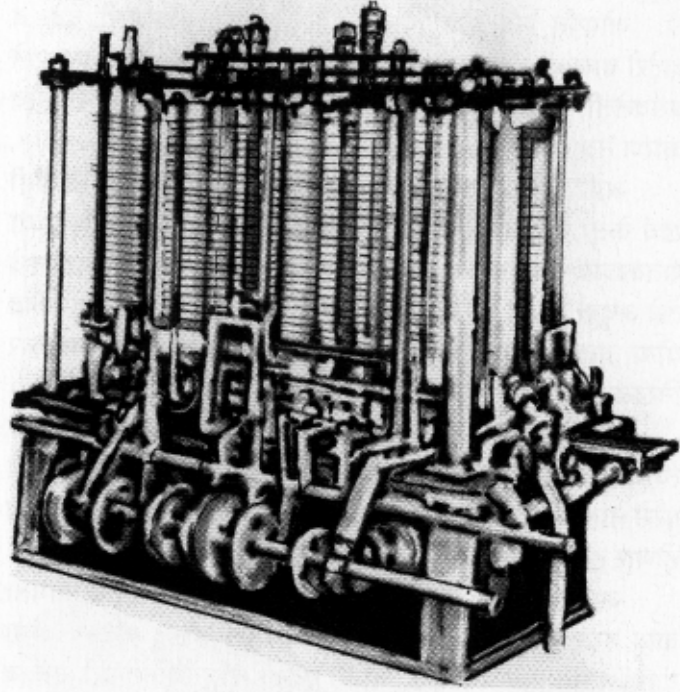
गणिती प्रश्न सोडवू शकत असे. प्रत्येक उत्तरातून निर्माण होणाऱ्या नव्या प्रश्नाचे उत्तरही हे यंत्र शोधू शकत असे. प्रत्येक उत्तर हे लॉगॅरिथमच्या अधिक जवळ नेत असे. अखेर, याचे उत्तर खऱ्या लॉगॅरिथमच्या अगदी जवळचे असे व तक्त्यात घालण्याइतके ते अचूक असे.

जोपर्यंत सर्व दांडे, चाके, एकाच बाजूने फिरणारी चक्रे व दातेरी चाकांची यंत्रणा अचूक आकाराची व एकमेकात योग्य प्रकाराने बसवलेली असेल, तोपर्यंत अशा यंत्रात चूक होण्याचे काहीच कारण नव्हते.

आणि हीच मुख्य अडचण होती. बॅबेजने यासाठी कितीही खर्च केला, कारागिरांनी कितीही प्रयत्न केला, तरी एकोणिसाव्या शतकाच्या सुरुवातीच्या तंत्रज्ञानाचा वापर करून या यंत्रासाठी हवे तसे अचूक मापाचे भाग बनवणे शक्य होत नव्हते. हे भाग एकमेकांत योग्य प्रकारे बसत नव्हते. मग सांधे अडकून बसत, नाहीतर निखळत, त्यामुळे चुकीची उत्तरे येत असत.

तथापि, बॅबेजने याचा जितका अधिक विचार केला, तितका त्याचा उत्साह वाढत गेला. केवळ लॉगॅरिथम शोधणारे यंत्र बनवणे पुरेसे नाही असे त्याने ठरवले. अखेर त्याने केवळ तेवढे एकच काम होणार होते.

आकड्यांच्या अनेक करामती करू शकेल असे यंत्र बनवायला काय हरकत आहे? ते अनेक प्रकारचे प्रश्न सोडवू शकेल. अशा यंत्रात अनेक प्रकारचे दांडे, चाके, एकाच बाजूने फिरणारी चक्रे व दातेरी चाके बसवली, पण त्यांची रचना बदलता येईल अशीच त्यांची योजना केेली, तर त्यांचा क्रम बदलून अनेक प्रकारचे प्रश्न सोडवता येऊ शकतील. अशा तऱ्हेने एखादा प्रश्न सोडवण्यासाठी त्यांतील क्रियांचा क्रम बदलण्याच्या सूचना देणे याला आपण कार्यप्रणाली (प्रोग्रॅमिंग) म्हणू शकतो. प्रश्नाचा एखादा भाग पूर्ण



बॅबेजचे यंत्र

झाला की हे यंत्र घंटा वाजवू शके.

शिवाय, यंत्राला एखाद्या प्रश्नाचे उत्तर मिळाले, पण ते जर त्यानंतर त्याला परत वापरावे लागणार असेल, तर काही दांडे, चाके वगैरेंचा क्रम बदलून, परत त्याची गरज पडेपर्यंत ते उत्तर गोठवूनही ठेवता येत असे. म्हणजेच त्या यंत्राला आठवण ठेवण्याची यंत्रणा किंवा मेमरी होती.

अखेर हे यंत्र छपाईयंत्राला जोडता येत असे, म्हणजे उत्तर कागदावर छापलेदेखील जाईल.

ज्या यंत्रातील आकडेमोड करण्याच्या क्रियांचा क्रम बदलण्याच्या सूचना त्याला देता येतील, अशी गुंतागुंतीची रचना असणारे व नंतर वापरण्यासाठी ज्याला उत्तर लक्षात ठेवता येते आणि जे यंत्र असे उत्तर लिहूनही दाखवू शकते त्याला आज आपण कॉम्प्युटर किंवा संगणक म्हणतो. बॅबेज जे यंत्र बनवण्याच्या प्रयत्नात होता तो सर्वात पहिला संगणक होय.

बॅबेजची गृहीतके व विचारसरणी अगदी योग्यच होती; परंतु त्याच्या यंत्राचे सर्व भाग योग्य पद्धतीने एकमेकांत न बसण्याने हे साधन योग्य प्रकारे कार्य करू शकले नाही. तरीही त्याचा उत्साह अजिबात कमी झाला नाही व त्याला नवनव्या कल्पना सुचतच राहिल्या. दर वेळी अधिकाधिक गुंतागुंतीची रचना असणारे यंत्र बनवण्यासाठी तो नव्याने सुरुवात करतच राहिला व प्रत्येक वेळी हे अधिकाधिक गुंतागुंतीचे भाग एकमेकांत नीटपणे बसलेच नाहीत. सरकारकडून व शास्त्रीय संशोधनाच्या संस्थांकडून या कार्यासाठी अनुदान मिळवण्यातही त्याला यश आले; पण या सर्व रकमा वापरूनही अखेर हाती काहीच आले नाही. इतकेच नव्हे, तर त्याने आपली स्वतःची सर्व खाजगी संपत्तीही या कामासाठी खर्च केली.

त्याचे कार्य पूर्ण झाले नाही व हे यंत्र कधीच नीट चालले नाही.

या यंत्राचा काही भाग आजही लंडनच्या शास्त्रीय संग्रहालयात पाहता येतो.

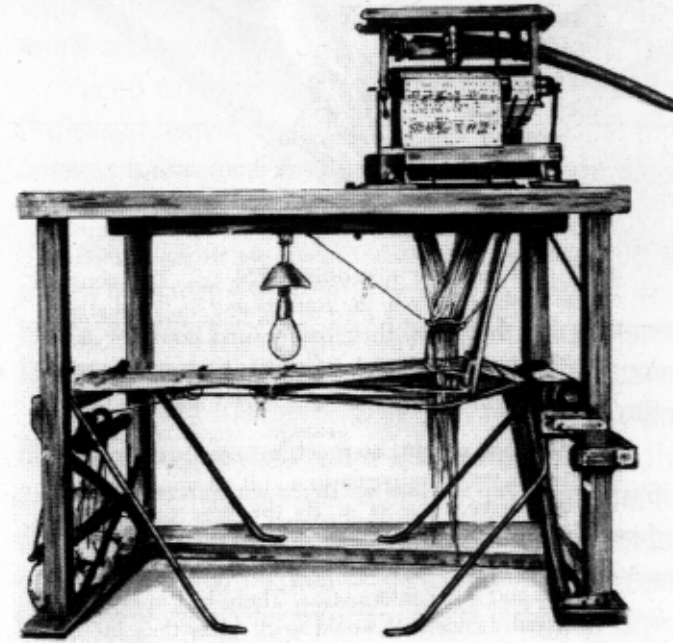
बॅबेज पूर्णपणे अयशस्वी ठरला, असेच लोकांना वाटत असे. अशा प्रकारचे यंत्र बनवण्याचे त्याचे स्वप्न म्हणजे एक हास्यास्पद व आचरत कल्पना आहे, असेच लोकांना वाटे. प्रत्यक्षात त्याची विचारसरणी अचूक होती याचाही कोणीच विचार केला नाही व बहुतेक जण त्याला विसरूनही गेले.

तो जवळजवळ एक शतक आधी जन्माला आला होता. त्याला ज्या प्रकारच्या वस्तूंची गरज होती, त्यांचा एकोणिसाव्या शतकाच्या सुरुवातीला शोधही लागला नव्हता.

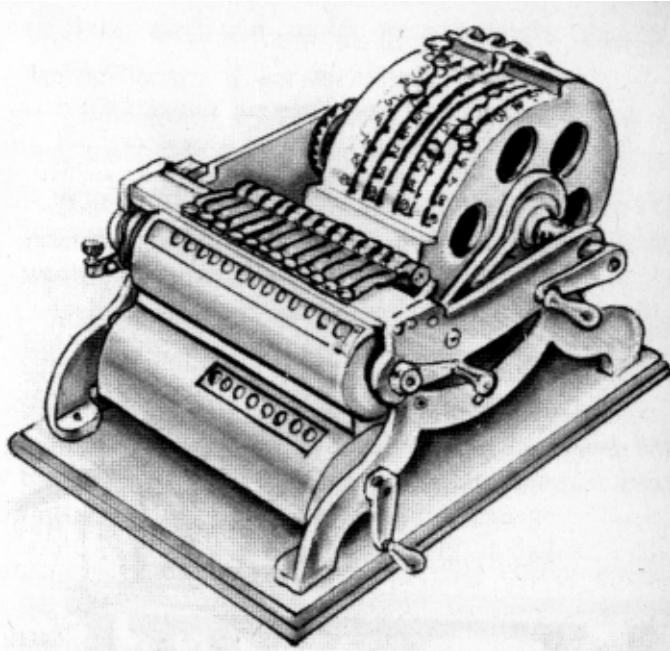
जोसेफ-मारी ज्याकार्ड (१७५२-१८३४) या फ्रेंच रेशीम विणकराच्या पद्धतीनुसार आपले यंत्र नियंत्रित करण्याची बॅबेजची योजना होती.

१८०१ साली ज्याकार्डने आपला माग नियंत्रित करण्याची एक विशिष्ट पद्धत विकसित केली होती, त्याद्वारे मागावर एखादा विशिष्ट नमुना विणता येत असे. यातील धागे विशिष्ट दांड्यांवरून येत असत. यापैकी काही दांडे हलवले व इतर काही थांबवून ठेवले, तर काहीच धागे कापडात विणले जात असत. एका वेळी काही दांडे हलवले व नंतर दुसरे काही दांडे हलवले, तर दर वेळी होणाऱ्या बदलाने धाग्यांचा एक विशिष्ट नमुना तयार होत असे. अर्थातच कोणत्या वेळी कोणते दांडे हलवायचे हे त्या मागावर काम करणाऱ्यालाच ठरवावे लागत असे.

निदान भोके पाडलेल्या जाड कार्डाची यंत्रणा ज्याकार्डने शोधून काढेपर्यंत तरी असेच करावे लागत असे. या कार्डने काही दांडे अडवले जात असत तर इतर काही त्यावरील भोकातून जाऊ शकत असत. वेगवेगळ्या पद्धतीने भोके असणारी कार्डे आपोआप ठरावीक जागी एकामागून एक या प्रकारे येतील अशी योजना



ज्याकार्डचा पहिला माग



१८७५ सालचा कॅल्क्युलेटर

केल्यावर निरनिराळे दांडे आपोआप अशा तऱ्हेने हलत, की त्यातून कापडात विशिष्ट नमुना विणला जाई आणि विणकराला त्यासाठी काहीच करावे लागत नसे. हा झाला ज्याकार्ड माग.

बॅबेजनेही आपल्या यंत्रात भोकांची कार्डे वापरली; पण पूर्वी सांगितल्याप्रमाणे त्यातून काहीच निष्पन्न झाले नाही. तथापि, ५० वर्षांनंतर भोकांची कार्डे वापरून बनवलेले साधन मात्र काम करू शकले.

हे अमेरिकेत घडले. एकोणिसाव्या शतकात अमेरिकेची लोकसंख्या, आकार व संपत्ती यात वाढ होत होती. दर दहा वर्षांनी अमेरिकेचे केंद्र सरकार जनगणना करत असे. यात देशातील सर्व

लोकांची मोजणी करून त्यांचे वय, नोकरी, घरे व ते कसे राहतात याची माहिती गोळा केली जात असे. देशाचा विकास कशा प्रकारे करावा व देश अधिक समृद्ध कसा करावा हे ठरवण्यासाठी हे सर्व फारच महत्त्वाचे होते.

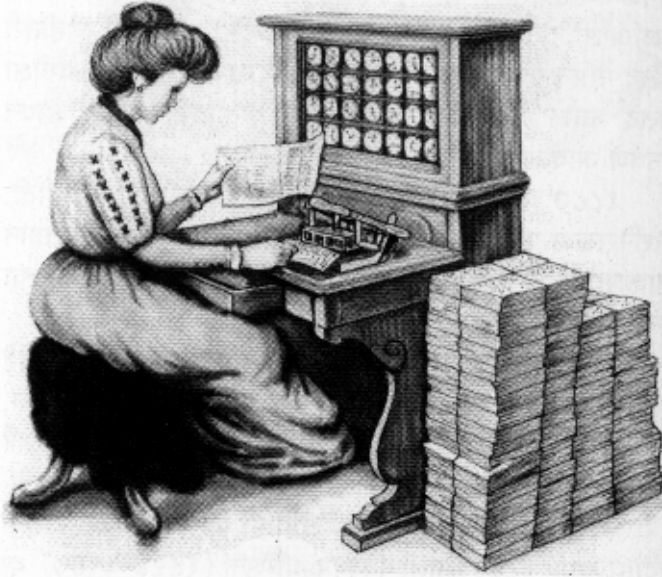
१८८० सालच्या जनगणनेत एवढी माहिती गोळा झाली, की ती सर्व एकत्रित करून वर्गीकरण करून योग्य तो अर्थ लावण्यास अनेक वर्षे लागली. हे कार्य पूर्ण होईपर्यंत १८९० सालच्या जनगणनेची वेळ आली होती. हे आकडे व माहिती एकत्रित करण्याची काहीतरी जलद गतीने कार्य करणारी पद्धत शोधणे गरजेचे होते. मानवापेक्षा जलद गतीने कार्य करू शकेल असे काहीतरी यांत्रिक साधन बनवणे आवश्यक होते.

१८८० च्या दशकाच्या सुमारास बरीच प्रगती झालेली होती. निरनिराळ्या प्रकारची चाके, दातेरी चक्रे अशासारख्या गोष्टी लहान आकारात व बिनचूकपणे बनवल्या जात असत. त्यांचे सांधे चांगल्या तऱ्हेने जुळत असत.

म्हणून पास्काल व लिबेनिट्झ यांच्या यंत्रांच्या धर्तीवरील यंत्रे चांगल्या पद्धतीने चालू शकत व ती फार मोठी व खर्चिकही नसत. अशी अनेक यंत्रे बनवण्यात आली व निरनिराळ्या कार्यालयांना ती विकण्यातही आली.

काही बऱ्याच गुंतागुंतीच्या गोष्टीही ही यंत्रे करू शकत असत. उदाहरणार्थ, १८७० साली विल्यम थॉम्सन (१८२४-१९०७) या इंग्रज शास्त्रज्ञाने (ते नंतर लॉर्ड केल्विन झाले) असे एक यंत्र बनवले होते. यातील दातेरी चाके व चक्रे अशा तऱ्हेने बसवली होती, की समुद्रकिनार्यावरील एखाद्या ठिकाणच्या भरती-ओहोटीचे अंतर हे यंत्र नोंदवू शकत असे. अनेक वर्षांपर्यंत ते हे काम बिनबोभाट करत राहू शके.

यासाठी त्याची एक खास पद्धत होती. हिशेब करणारी बहुतेक



हॉलरिथचे टॅब्युलेटिंग मशीन

सर्व यंत्रे आकड्यांशी संबंधित काम करतात. त्यांना डिजिटल कॅल्क्युलेटर किंवा खूपच गुंतागुंतीचे असल्यास त्यांना डिजिटल कॉम्प्युटर म्हणतात. (डिजिट या शब्दाचा अर्थ, एक आकडा किंवा हाताचे अगर पायाचे एक बोट, असाही आहे. पूर्वी लोक आकडे दर्शवण्यासाठी बोटांचा वापर करत असत, हे यावरून दिसून येते). बॅबेजचे यंत्र तयार झाले असते तर ते डिजिटल कॉम्प्युटर असते.

काही हिशेबाची यंत्रे (कॅल्क्युलेटर) आकड्यांशी संबंधित कार्य न करता आकड्यांसारख्या इतर बाबींचा हिशेब करतात, त्यांना ॲनॉलॉग कॅल्क्युलेटर किंवा कॉम्प्युटर म्हणतात. स्लाइड रुलच्या साहाय्याने आपण लांबी मोजतो, हा झाला ॲनॉलॉग कॅल्क्युलेटर. केल्व्हिनच्या यंत्रात त्यातील फिरणाऱ्या चाकांच्या साहाय्याने अंतर मोजले जाई म्हणून हादेखील ॲनॉलॉग कॅल्क्युलेटरच होता. (भविष्यात मात्र डिजिटल यंत्रांचाच अधिक वापर व विकास होणार होता.)

सुधारित भागांच्या उत्पादनाबरोबरच विजेचाही वापर करण्यात येऊ लागला होता व तिच्याकडूनही काही काम करून घेणे शक्य झाले.

१८८० च्या दशकात हर्मान हॉलरिथ (१८६०-१९२९) या अमेरिकन संशोधकाने जनगणनेचे बरेचसे काम हाताळले होते. ज्याकार्ड व बॅबेजप्रमाणेच त्यानेही भोकाच्या कार्डांचा वापर केला. प्रत्येक कार्डावर जनगणनेत गोळा केलेल्या माहितीनुसार भोके पाडली जात असत. एका विशिष्ट ठिकाणच्या भोकावरून ती व्यक्ती स्त्री आहे की पुरुष हे समजत असे, तसेच त्या व्यक्तीचे वय, तो शेतकरी आहे की कारखान्यातील कामगार, अशा अनेक गोष्टीही जाणून घेता येत असत.

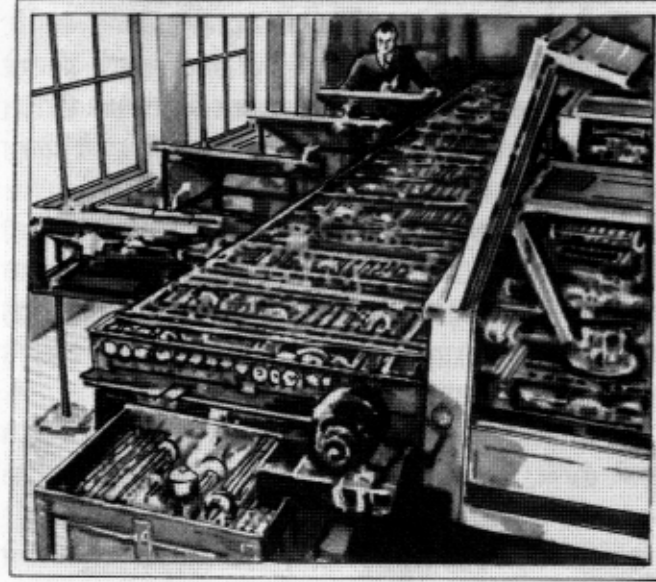
ही सर्व माहिती एकत्रित करून तिचे पृथक्करण करण्यासाठी ही कार्डे एका धातूच्या साधनावर ठेवून त्यावर दाबली जात असत.

या साधनास धातूच्या अनेक सुया होत्या, त्यांच्यावर कार्डे रोखली जात असत. जेव्हा त्या ठिकाणी भोक असे तेव्हा ही सुई त्यातून आरपार जाऊन खाली असलेल्या पान्यापर्यंत पोचत असे. मग त्या सुईतून विजेचा प्रवाह जाऊन तो एका विशिष्ट चकतीवरील निदर्शकापर्यंत पोचत असे. लोकांना मग मोजावे किंवा बेरीज करावी लागत नसे. या यंत्रातून भोकाची कार्डे जलद गतीने पाठवली की लोकांना फक्त निदर्शकावरील अखेरचा आकडा नोंदवण्याचेच काम करावे लागे.

१८९० सालच्या जनगणनेचे काम हॉलरिथच्या भोकांच्या कार्डांच्या साहाय्याने हाताळण्यात आले. या जनगणनेत एकत्रित करण्यात आलेली माहिती जरी १८८० सालच्या जनगणनेच्या तुलनेत बरीच अधिक असली, तरीही १८९० सालच्या जनगणनेतील सर्व माहितीचे पृथक्करण करण्याचे काम पहिल्यापेक्षा एक-तृतीयांश वेळेत पूर्ण करण्यात आले.

या वेळेस प्रथमच गणती व आकडेमोड करण्यासाठी केवळ यांत्रिक साधनांचा वापर करण्याऐवजी विजेवर चालणाऱ्या यंत्रांचा वापर केला गेला.

१८९६ साली हॉलरिथने सर्व प्रकारची माहिती हाताळून त्याचे पृथक्करण करण्यासाठी अनेक प्रकारची यंत्रे बनवणारी एक कंपनी स्थापन केली. त्याला त्याने 'टॅब्युलेटिंग मशीन कंपनी' असे नाव दिले. या कंपनीचा खूप मोठ्या प्रमाणावर विस्तार झाला व तिचे नाव बदलून 'इंटरनॅशनल बिझनेस मशीन कॉर्पोरेशन' असे ठेवण्यात आले. आता ती 'आय. बी. एम.' या तिच्या आद्याक्षरांनीच ओळखली जाते.



व्हॅनेव्हर बुशचे डिफरेंशियल ऑनालायझर

## ३ | द्विजांकी आकडे व बटणे

एकोणिसाव्या शतकातील हिशेब करणारी सर्वात यशस्वी यंत्रे ही बॅबेजच्या कल्पनेतील यंत्रांच्या जवळपासही पोचत नव्हती. चांगल्या तऱ्हेने कार्य करू शकणारी यंत्रे केवळ एकाच प्रकारचे प्रश्न सोडवू शकत होती. हॉलरिथचे यंत्र फक्त जनगणनेशी संबंधित प्रश्नच सोडवू शकत होते. केल्व्हिनच्या यंत्राचा उपयोग फक्त भरती-ओहोटीशी संबंधित प्रश्नांसाठीच होऊ शके.

तथापि, १८७६ साली केल्व्हिनने, निरनिराळ्या प्रश्नांसाठी यंत्रांची कार्यप्रणाली (प्रोग्रॅमिंग) बदलता येऊ शकेल असे दर्शवणारा एक निबंध लिहिला. बॅबेजने अर्धशतकापूर्वी मांडलेली, अनेक गोष्टी करू शकणाऱ्या संगणकाची म्हणजेच कॉम्प्युटरची कल्पना त्याने पुनरुज्जीवित केली होती.

अर्थात, अशा प्रकारचे यंत्र खूपच मोठे व अतिशय गुंतागुंतीचे असावे लागेल, हे लक्षात आल्याने आणखी ५० वर्षांपर्यंत कोणी ते बनवण्याचा प्रयत्नही केला नाही.

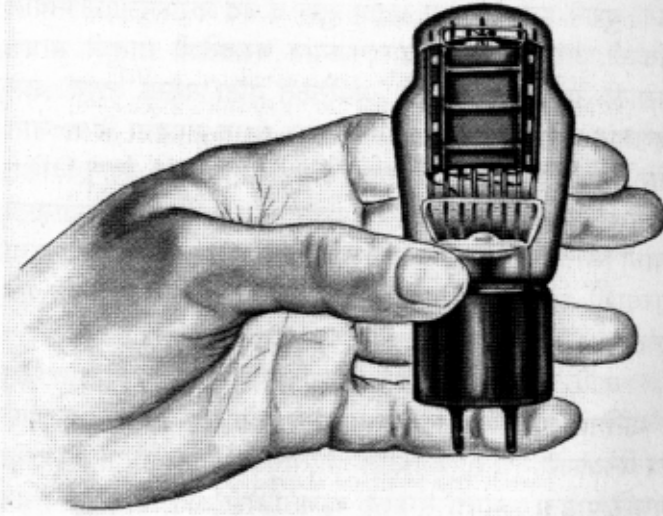
व्हॅनेव्हर बुश (१८९०-१९७४) नावाच्या अमेरिकन अभियंत्याने अखेर हे काम हाती घेतले.

१९२५ साली 'डिफरेंशियल ऑनालायझर' नावाचे यंत्र बनवण्यास त्याने सुरुवात केली. अनेक प्रकारचे प्रश्न हे यंत्र सोडवू शकत असे. डिफरेंशियल इन्व्हेशन या अतिशय गुंतागुंतीच्या गणिती प्रश्नाचे उत्तरही ते देऊ शकत असे. हे यंत्र बनवण्यास पाच वर्षे लागली व ते आकाराने प्रचंड मोठे होते. ते इतके मोठे होते, की हाताने वापरण्याऐवजी ते चालवण्यासाठी विजेची मोटार वापरावी लागत असे. (बॅबेजच्या काळी अर्थात विजेच्या मोटारी अस्तित्वातच नव्हत्या).

यातील बराचसा भाग बॅबेजच्या यंत्राप्रमाणे यांत्रिकच होता; परंतु याचे भाग अधिक चांगल्या प्रतीचे होते. याचे भाग जरी कितीही चांगले असले, तरी ते पूर्णपणे यांत्रिक पद्धतीने चालणार असेल तर ते नीटपणे काम करू शकणार नाही, असे लवकरच बुश यांच्या लक्षात आले. म्हणून त्यांनी एका नव्याच गोष्टीचा वापर केला.

हवादेखील नसलेल्या एखाद्या जागेतून म्हणजेच निर्वात नळीतून विजेचा प्रवाह कसा पाठवायचा हे शास्त्रज्ञांना आतापर्यंत माहीत झाले होते. हा प्रवाह विद्युत्भारित सूक्ष्म कणांचा म्हणजे इलेक्ट्रॉन्सचा बनलेला असे. इलेक्ट्रॉन्सचा प्रवाह सहजपणे सुरू किंवा बंद करता येतो. हॉलरिथच्या भोकांच्या काडांप्रमाणेच हा प्रवाह यंत्रातील निरनिराळ्या भागांचे कार्य नियंत्रित करण्यासाठी वापरणे शक्य होते. बुशने इलेक्ट्रॉन्सचा प्रवाह सुरू व बंद करण्यासाठी निर्वात पोकळी असणाऱ्या काचेच्या नळ्यांत बसवलेली धातूची साधने यासाठी उपयोगात आणली. अमेरिकेत यांना सहसा 'ट्यूब' असे म्हणतात. (रेडिओत यांचा प्रथमपासून बराच उपयोग केला जात असे, म्हणून यांना 'रेडिओ ट्यूब' असेही म्हणतात.) बुशने विशिष्ट ठिकाणी या नळ्या बसवून विजेचा प्रवाह सुरू अथवा बंद करण्यासाठी त्यांचा स्विच किंवा बटनाप्रमाणे वापर केला. इलेक्ट्रॉन्सच्या प्रवाहाचा याच्याशी संबंध असल्याने हे यंत्र काही अंशी इलेक्ट्रॉनिक यंत्र बनले.

कार्यप्रणाली बदलता येईल अशा तऱ्हेने तयार करण्यात आलेले व माहिती साठवण्याची क्षमता असून व्यवस्थित रीतीने चालणारे यंत्र बनवणारा बुश हा जगातील पहिलाच अभियंता होता. आजच्या अर्थनि पाहता, ज्याला संगणक म्हणता येईल असे हे पहिलेच यंत्र होते. बॅबेजच्या मृत्यूनंतर ६० वर्षांनी अखेर त्याचे स्वप्न प्रत्यक्षात आले होते.



निर्वात नळी (व्हॅक्युम ट्यूब)

बुशचा 'डिफरेंशियल अॅनालायझर' १९३० साली पूर्ण झाल्यावर विविध प्रश्न सोडवण्यासाठी यंत्रे तयार करण्यात शास्त्रज्ञांना स्वारस्य वाटू लागले. त्यासाठी त्यांनी भूतकाळातील गणिताच्या निरनिराळ्या शोधांचा उपयोग करण्याचा प्रयत्न सुरू केला.

उदाहरणार्थ, आकडे लिहिण्यासाठी आपण ० ते ९ अशा दहा चिन्हांचा उपयोग करतो. आपल्या हातांना दहा बोटे असतात म्हणूनच आपण दहा चिन्हे वापरतो. त्याऐवजी आकड्यांसाठी चिन्हांचे वेगळे गट वापरणेही शक्य आहे. ० व १ हे दोनचे आकडे वापरूनदेखील आपल्याला हवा तो क्रमांक लिहिता येईल.

१६७९ साली, केवळ दोनच आकड्यांचा वापर करता येतो, हे लिबेनिझने दाखवून दिले होते. गुणाकार करणारे साधन त्यानेच सर्वप्रथम तयार केले होते. ० व १ या दोनच आकड्यांचा वापर करण्याच्या पद्धतीस द्विजांक पद्धत (बायनरी क्रमांक) म्हणतात. 'एका वेळी दोन' अशा अर्थाच्या ग्रीक शब्दावरून हा शब्द आला आहे. तसेच याला 'दोनावर आधारित पद्धत' असेही म्हणता येईल. आपले नेहमीचे आकडे हे या दृष्टीने पाहता दहावर आधारित पद्धतीतील आहेत. द्विजांक पद्धतीचे काम पुढीलप्रमाणे होते :

०००० = ०	०१०० = ४	१००० = ८	११०० = १२
०००१ = १	०१०१ = ५	१००१ = ९	११०१ = १३
००१० = २	०११० = ६	१०१० = १०	१११० = १४
००११ = ३	०१११ = ७	१०११ = ११	११११ = १५

वर दिलेल्या आकड्यांचा जर तुम्ही विचार केलात, तर कदाचित १ व ० वापरण्याची पद्धत तुमच्या लक्षात येईल. जर पाच स्थानांपासून सुरुवात केली तर ३१ या क्रमांकापर्यंत जाता येईल. सहा स्थाने असल्यास ६३ पर्यंत वगैरे वगैरे. पुरेशी स्थाने वापरात घेऊन १ व ० या दोन आकड्यांची मालिका बनवून लाखो आणि कोट्यवधींची संख्याही लिहिता येईल. प्रत्येक क्रमांकाचा विशिष्ट क्रम असेल

अशी एखादी मालिका दिली, तर ती संख्या तुम्हाला नेहमीच्या दहाच्या पद्धतीतही लिहिता येईल.

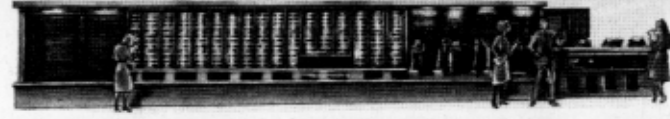
ही पद्धत तुम्हाला नीटशी समजली नाही तरी आता ते फारसे महत्वाचे नाही. दोनच आकडे वापरूनदेखील कोणतीही संख्या लिहिता येते, एवढेच आता लक्षात घ्या.

द्विजांक पद्धत हिशेबाच्या यंत्रांसाठी इतकी महत्वाची ठरेल हे सुरुवातीला कोणाच्याच लक्षात आले नाही. पास्कालने केले होते त्याप्रमाणे एखाद्या चकतीवर दहा आकडे लिहावेत हे नैसर्गिकच होते.

संगणकात ट्यूब वापरण्यास सुरुवात झाल्यावर त्या सुरू व बंद करण्यासाठी इलेक्ट्रॉनचा प्रवाह वापरला जाऊ लागला. प्रत्येक वेळी प्रवाह सुरू झाला की तो १ या आकड्याने दर्शवता येतो आणि बंद झाला की ० या आकड्याने.

याचाच अर्थ, सुरू- बंद या पद्धतीने इलेक्ट्रॉनच्या प्रवाहाद्वारे आकडे दर्शवता येतात. दातेरी चाकांच्या वापराने (गियर) चाके फिरवणे शक्य असले तरी इलेक्ट्रॉनच्या प्रवाहाने हे अतिशय जलद गतीने करता येते, शिवाय यात चाके अडकून बसण्याचा किंवा निसटण्याचाही धोका नाही. अशा तऱ्हेने ट्यूब बसवलेले साधन चाके असणारे साधन करू शकणाऱ्या सर्व क्रिया करू शकतेच व तेही अधिक जलद व विश्वासाह पद्धतीने.

त्यानंतर १८५४ साली जॉर्ज बूल (१८१५-१८६४) या इंग्रज गणितज्ञाने यात तर्कशास्त्राचा उपयोग करण्याची एक पद्धत शोधून काढली. (लॉजिक किंवा तर्कशास्त्र म्हणजे एखादी समस्या सोडवण्यासाठी विचार करण्याची विशिष्ट पद्धती. ही समस्या गणिती समस्याच असेल असे नाही.) नेहमीच्या इंग्रजी शब्दांच्या ऐवजी तर्कशास्त्रीय विधाने चिन्हांच्या स्वरूपात मांडण्याची पद्धत बूलने शोधून काढली. या चिन्हांचा विशिष्ट तऱ्हेने वापर करून उत्तर कसे



आयकेनचे मार्क-१ यंत्र (१९४३)

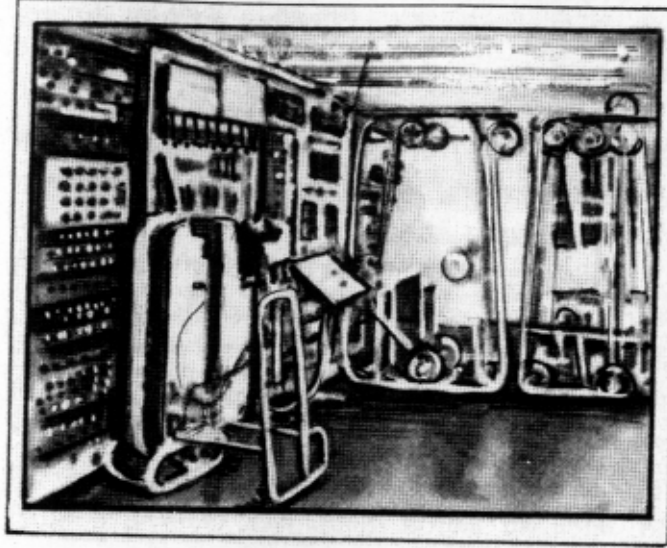
मिळवायचे ते बूलने दाखवून दिले. एक प्रकारे त्याने तर्कशास्त्राला गणिताचेच रूप दिले म्हणायला हरकत नाही. या पद्धतीला 'प्रतीकात्मक तर्कशास्त्र' किंवा 'सिंबॉलिक लॉजिक' असे नाव देण्यात आले.

आल्फ्रेड नॉर्थ व्हाइटहेड (१८६१-१९४७) व बर्ट्रांड ए. डब्ल्यू. रसेल (१८७२-१९७०) या दोन इंग्रज गणितज्ञांनी १९१३ साली प्रतीकात्मक तर्कशास्त्रात आणखी सुधारणा केली व ते गणिताच्या अधिक जवळ आणून ठेवले.

क्लॉड एल्वुड शॅनॉन (१९१६-) या अमेरिकन गणितज्ञाने १९४० साली अशा पद्धतीवर संशोधन करण्यास सुरुवात केली, की ज्यायोगे इलेक्ट्रॉन प्रवाहाच्या सुरू व बंद करण्याने त्याद्वारे केवळ आकडेच न दर्शवता प्रतीकात्मक तर्कशास्त्राची चिन्हेदेखील दर्शवली जातील. १९४९ च्या सुमारास त्याचे संशोधन पूर्ण झाल्यावर त्याने यास 'माहितीचा सिद्धान्त' (इन्फर्मेशन थिअरी) असे नाव दिले, कारण सर्व प्रकारची माहिती कशी हाताळावी हे त्यातून समजून येत होते.

बॅबेजच्या सिद्धान्तानंतर, गणिताखेरीज प्रतीकात्मक तर्कशास्त्रात रूपांतरित केलेले प्रश्न यंत्राद्वारे सोडवण्याच्या क्षेत्रातील हा पहिलाच महत्वाचा शोध होता.

शॅनॉनचे आपल्या सिद्धान्तासंबंधीचे शोधकार्य चालू असताना, बायनरी आकडे दर्शवणारी सुरू व बंद करण्याची बटणे किंवा स्विचेस वापरून हिशेब करता येतील अशा प्रकारची यंत्रे बनवण्याचे



कलॉसस - सांकेतिक संदेशांचा अर्थ लावणारे यंत्र

लोकांचे प्रयत्न चालूच होते. जर्मनी, इंग्लंड व अमेरिका या देशात असे प्रयत्न चालू होते.

कॉनरॅड झूझ (१९१०-) या जर्मन अभियंत्याने द्विजांक पद्धत वापरून असे एक यंत्र १९३६ साली तयार केले. नंतर त्याला न-१ असे नाव देण्यात आले. यात त्याने विद्युत्चुंबकीय लहरींद्वारे नियंत्रण ठेवणारी यंत्रणा (इलेक्ट्रोमॅग्नेटिक रिलेज) वापरली होती. विद्युत्प्रवाह सुरू अगर बंद करून चुंबकाच्या आधारे असे एखादे बटण किंवा स्विच सुरू अथवा बंद करता येते. चुंबक सुरू असल्यास त्याचा अर्थ १, तर तो बंद असल्यास त्याचा अर्थ होतो ०.

काही वर्षांनंतर झूझने रिले यंत्रणेतील तारेतून जाणारा विद्युत्प्रवाह नियंत्रित करण्यासाठी ट्यूब वापरण्यास सुरुवात केली, कारण त्याद्वारे इलेक्ट्रॉनचा प्रवाह हाताळणे अधिक जलद व सोयीचे होते. म्हणून नेहमीच्या विजेच्या यंत्रणेपेक्षा इलेक्ट्रॉनिक स्विचेस वापरणे अधिक चांगले आहे, असे त्याचे मत झाले.

१९३९ साली दुसऱ्या जागतिक युद्धाची सुरुवात झाली. अँडॉल्फ हिटलर (१८८९-१९४५) या हुकूमशहाच्या अधिपत्याखाली जर्मनीला युद्धात एकामागून एक विजय मिळू लागले. हिटलरला नव्या शास्त्रीय शोधांत खूपच स्वारस्य होते; पण जे शोध लवकरात लवकर कार्यरत होऊ शकतील अशा शोधातच त्याला स्वारस्य होते, कारण युद्ध लवकरच संपेल अशी त्याला खात्री होती. हिटलरला कॉम्प्युटरमध्ये काहीच स्वारस्य नव्हते म्हणून झूझला आर्थिक मदत मिळाली नाही.

दरम्यानच्या काळात, अमेरिकेतील हार्वर्ड विद्यापीठातील एक गणितज्ञ हॉवर्ड हॅथवे आयकेन (१९००-१९७३) अशाच तऱ्हेच्या संशोधनात गर्क होते. अर्थात, झूझच्या कामाबद्दल त्यांना काहीच माहिती नव्हती. आता 'आय.बी.एम.' असे नाव असणाऱ्या हॉलरिथच्या जुन्या कंपनीकडून आयकेनला अर्थसाहाय्य मिळू लागले.

त्या दृष्टीने ते झूझपेक्षा अधिक भाग्यवान ठरले.

१९४१ साली अमेरिकेने युद्धात भाग घेतल्यावर आयकेन यांनी नौदलात प्रवेश केला. जहाजावरील एखादी मोठी तोफ एका मैलाहूनही अधिक अंतरावर असणाऱ्या शत्रूच्या दुसऱ्या एखाद्या जहाजावर अचूक मारा करू शकेल अशा तऱ्हेने लक्ष्य करणे किती कठीण आहे, हे लवकरच अमेरिकन सरकारच्या लक्षात आले. (दोन्ही जहाजे प्रवास करत असणार व वाऱ्याची दिशा आणि गती अशा अनेक गोष्टींचा याच्याशी संबंध असतो. सामान्य पद्धतीने हे सर्व हिशेब मांडून लक्ष्य ठरवेपर्यंत सर्वच परिस्थिती बदललेली असे व सर्व आकडेमोड करायला परत पहिल्यापासून सुरुवात करावी लागे.) म्हणून त्याच्या यंत्राचे संशोधन पूर्ण करण्यासाठी आयकेनला रजा देण्यात आली. झूझप्रमाणे त्याच्याकडे दुर्लक्ष करण्यात आले नाही.

झूझप्रमाणेच आयकेनने विद्युत्चुंबकीय रिलेज वापरले, पण त्याने ट्यूब वापरण्याचा प्रयत्नदेखील केला नाही. त्याच्या मते ट्यूब जरी जलद गतीने काम करू शकल्या, तरी त्यांची विश्वासाहता कमी होती. १९४३ साली अखेर त्याचे यंत्र पूर्ण झाले, त्यालाच नंतर 'मार्क-१' असे नाव देण्यात आले.

दरम्यानच्या काळात, असे एखादे आकडेमोड करणारे यंत्र बनवण्यात इंग्लंडलाही स्वारस्य होते. जर्मनी गुंतागुंतीच्या सांकेतिक भाषेत जे गुप्त संदेश पाठवत असे, त्या संदेशांचा अर्थ लावण्यासाठी त्यांना असे यंत्र हवे होते. असंख्य शक्यता क्षणार्धात विचारात घेऊन जर एखाद्या यंत्राने त्यातून उपयुक्त असा अर्थ लावला, तर या सांकेतिक भाषेचा चटकन उलगडा होऊ शकला असता. आपले सांकेतिक संदेश गुप्त आहेत या समजुतीने जर्मनी आपले संदेश पाठवत राहिल; पण इंग्लंडला त्यांचा ताबडतोब अर्थ लागेल व जर्मनी काही कारवाई करण्यापूर्वीच ते त्याला उत्तर देण्याच्या तयारीत असतील.

शिवाय या यंत्राचा वापर करून जर्मनीला उलगडता येणार नाहीत अशा प्रकारचे सांकेतिक भाषेतील गुप्त संदेश ते पाठवू शकतील व त्यांच्याकडील यंत्राइतकेच गुंतागुंतीचे कॅल्क्युलेटिंग मशीन असल्याखेरीज जर्मनीला त्यांचा अर्थ लावता येणार नाही.

अॅलन मॅथिसन ट्युरिंग (१९१२-१९५४) या गणितज्ञाच्या नेतृत्वाखाली इंग्लंडने या हेतूने एक यंत्र बनवले. त्याला नाव दिले होते 'कलॉसस'. १९४३ सालाच्या अखेरीपासून ते कार्यरत होते. युद्ध संपेपर्यंत अशी १० यंत्रे बनवण्यात आली होती.

न-१ व मार्क-१ पेक्षा कलॉसस वेगळे होते, कारण यात स्विच म्हणून २००० ट्यूब वापरण्यात आल्या होत्या. हे पहिलेच पूर्णपणे इलेक्ट्रॉनिक कॅल्क्युलेटिंग यंत्र होते; परंतु सांकेतिक गुप्त संदेशांचा अर्थ लावणे एवढे एकच कार्य ते करू शकत असे. जर कलॉसस नसता तर जर्मनीचा पराभव झाला नसता, असेच इंग्लंडला वाटते. म्हणजे झूझला साहाय्य करण्यात हिटलरला स्वारस्य नव्हते हे एका अर्थाने बरेच झाले.

## ४ | ट्यूब आणि ट्रान्झिस्टर

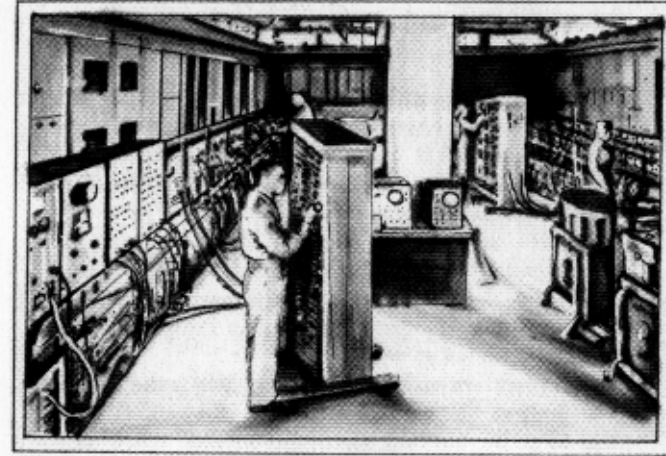
ही सुरुवातीची यंत्रे सामान्य उपयोगासाठी होती व ती इलेक्ट्रॉनिक नव्हती; आणि इलेक्ट्रॉनिक असली तरी सामान्य उपयोगासाठी नव्हती. ज्याला इलेक्ट्रॉनिक संगणक म्हणता येईल अशा प्रकारच्या सामान्य वापरासाठी पूर्णपणे इलेक्ट्रॉनिक यंत्राची आवश्यकता होती.

अमेरिकेतील पेनसिल्व्हेनिया विद्यापीठातील जॉन विल्यम मॉचली (१९०७-१९८०) या अभियंत्याने असे एक यंत्र बनवण्याचे ठरवले. जॉन प्रेस्पर एकर्ट, ज्युनियर (१९१९-) या एका तरुण अभियंत्याच्या साथीने त्यांनी कार्य सुरू केले.

इंग्लंडने आपले कलॉसिस हे यंत्र अत्यंत गुप्ततेत बनवले असल्याने या दोघांना त्याची काहीच माहिती नव्हती आणि त्याचा आधारही नव्हता, तरीही त्यांना यात यश आले. त्यांचे यंत्र अखेर १९४६ मध्ये जेव्हा पूर्ण झाले, तेव्हा त्यात १८,००० ट्यूब होत्या. यात त्यांनी बायनरी आकड्यांचा वापर न करता नेहमीच्या दहावर आधारित आकड्यांच्या पद्धतीचाच वापर केला होता.

मॉचली व एकर्ट यांनी त्याला नाव दिले 'इलेक्ट्रॉनिक न्युमरिकल इंटिग्रेटर अँड कॅल्क्युलेटर'. आद्याक्षरांनी याचे नाव बनले 'एनिआक' (ENIAC).

एनिआक हा जगातील पहिलाच इलेक्ट्रॉनिक संगणक होय. १९४६ साली तो लोकांपुढे प्रदर्शित करण्यात आला. दहावर आधारित आकड्यांच्या पद्धतीने याचे कार्य काहीशा संध गतीने होत असले, तरीही अत्यंत गुंतागुंतीची गणिते तो क्षणार्धात सोडवू शकत असे.



एनिआक (१९४६)

निदान गणिताच्या क्षेत्रात तरी यंत्राने मानवाला मागे टाकले होते. १९४६ पर्यंत ॲंबेक्स वापरण्यातील एखादा तरबेज मनुष्य कॅल्क्युलेटर वापरणाऱ्या माणसापेक्षा जलद गतीने गणिते सोडवू शकत असे. तथापि, ॲंबेक्स वापरणाऱ्या अशा तरबेज माणसापेक्षा एनिआक एक हजार पटीहूनही अधिक जलद गतीने आकडेमोड करू शकत असे. एकदा एनिआकला कार्यप्रणाली दिली की फक्त एक बटण दाबण्याचीच आवश्यकता होती.

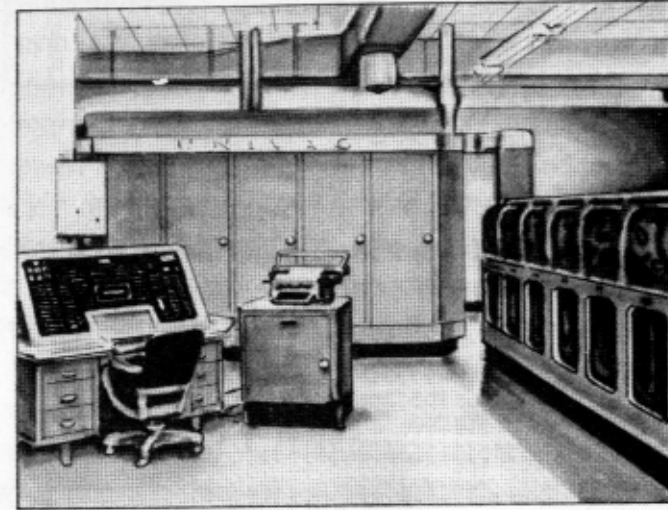
पास्कालपासून ते आजतागायत लोकांनी केवढे मोठे काम केले होते याची लोकांना पहिल्यानेच जाणीव झाली. आता लोक इलेक्ट्रॉनिक मेंदूच्या गोष्टी करू लागले.

अर्थात, एनिआक अद्याप काही खऱ्या अर्थाने सामान्य उपयोगासाठी नव्हता. कार्यप्रणाली देऊन एका प्रकारच्या हिशेबाऐवजी त्याला दुसरे कार्य करायला सांगता येत असे, पण ते तितकेसे सोपे नव्हते. त्यासाठी बऱ्याच खटपटी कराव्या लागत.

पण मग जॉन फॉन न्यूमन या हंगेरियन-अमेरिकन गणितज्ञाला निरनिराळ्या कार्यप्रणाली संगणकाच्या मेमरीतच साठवून ठेवण्याची कल्पना सुचली. तसे झाल्यास दर वेळी वेगळ्या प्रकारची गोष्ट करायची झाल्यास गुंतागुंतीच्या प्रक्रिया करून संगणकाला नवी कार्यप्रणाली द्यावी लागणार नाही. केवळ एक बटण दाबून एका कार्यप्रणालीतून दुसरीत सहजपणे जाता येईल.

मॉचली व एकर्ट यांनीही एनिआकपेक्षा वापरण्यास अधिक सोपे व चांगले संगणक बनवण्याचे काम चालूच ठेवले. १९५१ साली तयार झालेला 'युनिव्हॅक' (युनिव्हर्सल ऑटोमॅटिक कॉम्प्युटर) हा व्यापारी दृष्टीने विकण्यात आलेला पहिलाच संगणक होय.

आजूनही एक महत्त्वाची समस्या सोडवायची होती. आयकेन यांनी म्हटल्याप्रमाणे ट्यूब विश्वासाह नव्हत्या. त्या काचेच्या होत्या



युनिव्हॅक (१९५१)

आणि फुटू शकत होत्या. त्या जरी फुटल्या नाहीत तरी कालांतराने त्या गळू लागत, म्हणजे आतील पोकळी निर्वात राहात नसे. याच कारणाने ट्यूब नेहमी मोडत असत आणि बदलाव्या लागत.

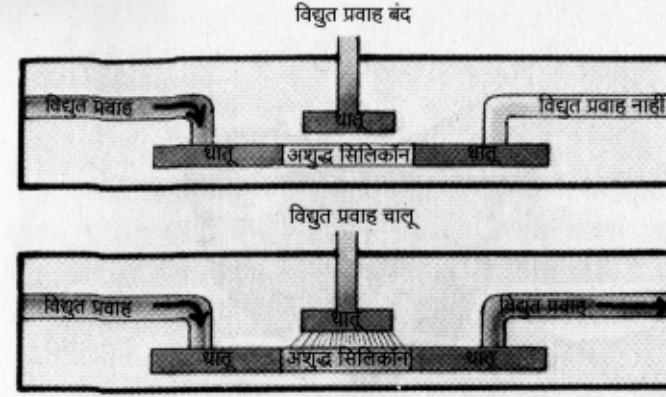
शिवाय ट्यूब तशा आकाराने मोठ्याच होत्या. इलेक्ट्रॉन्सचा प्रवाह वाहता राहण्यासाठी आत पुरेशी निर्वात जागा असणे आवश्यक होते. या सर्वामुळे संगणक अतिशय अवाढव्य होत असे.

दुसरी समस्या म्हणजे, इलेक्ट्रॉन्सचा प्रवाह निर्माण करण्यासाठी ट्यूबमधील यंत्रणा अत्यंत उच्च तापमानापर्यंत तापवावी लागत असे. त्यासाठी ऊर्जेची गरज खूप मोठी होती आणि जेव्हा अशा असंख्य ट्यूब असत तेव्हा त्या एकमेकांपासून दूर ठेवाव्या लागत, नाहीतर एकमेकांमुळे त्यांचे तापमान वाढून संपूर्ण संगणकच बिघडून जाई. याचा अर्थ, संगणक आणखीच अवाढव्य असावा लागे, शिवाय त्याला लागणाऱ्या प्रचंड ऊर्जेमुळे तो अतिशय खर्चिकही होई. आणखी एक विशेष बाब म्हणजे, ट्यूब गरम होण्यास बराच वेळ लागे, त्यामुळेही काम संथ होई.

या सगळ्यावर काहीच इलाज दिसत नव्हता. संगणक अवाढव्य आणि अतिशय खर्चिक असतील, शिवाय ते फारसे विश्वासाहर्ही नसतील असेच काही लोकांना त्या वेळी वाटले असणार.

परंतु विल्यम ब्रॅडफर्ड शॉकले (१९१०-) या इंग्रज-अमेरिकन शास्त्रज्ञाने वॉल्टर हाउझर ब्रॅटन (१९०२-) व जॉन बर्डिन (१९०८-) या त्याच्या दोन अमेरिकन साथीदारांसह १९४८ साली ट्यूबच्या ऐवजी वापरता येईल अशी एक गोष्ट शोधून काढली.

उदाहरणार्थ, सिलिकॉनसारखी काही घन द्रव्ये खडकाळ वस्तूंपासून सहज मिळवता येतात. त्यांची अशा तऱ्हेने रचना करायची, की इलेक्ट्रॉन त्यातून सहज प्रवास करू शकतील. ट्यूबमधील इलेक्ट्रॉनचा प्रवाह ज्या प्रकारे नियंत्रित केला जाऊ

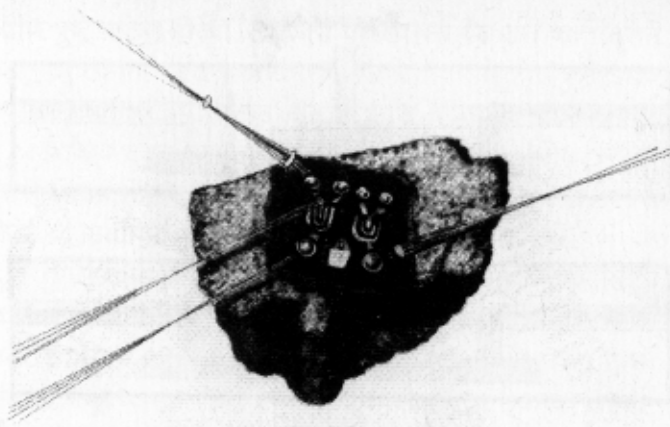


ट्रान्झिस्टरचे काम असे चालते

शकतो त्याचप्रमाणे ही घन स्वरूपातील साधने विखुरलेल्या इलेक्ट्रॉन्सना नियंत्रणाखाली ठेवू शकतात. ट्यूब जे काम करू शकते तेच कार्य घन स्वरूपातील साधने करू शकत असतील तर त्यांना ट्रान्झिस्टर असे म्हणतात.

ट्यूबपेक्षा ट्रान्झिस्टरचे अनेक फायदे आहेत. ते घन व मजबूत असल्याने मोडत नाहीत किंवा त्यातून गळतीही होत नाही. फार मोठ्या आकारातील निर्वात नळीची आता आवश्यकता नसल्याने तो ट्यूबपेक्षा लहान असूनही ट्यूबमधून होणारे कोणतेही कार्य करू शकतो. ट्रान्झिस्टरचे कार्य सुरू होण्यासाठी उष्णतेची गरज नसते. त्यामुळे याला ऊर्जेची जवळजवळ काहीच गरज न भासतादेखील याचे काम ताबडतोब सुरू होते.

अर्थात, ट्रान्झिस्टरस प्रथम विकसित झाले तेव्हा तेही फारसे विश्वासाहर्ही नव्हते, कारण व्यवस्थितपणे चालण्यासाठी ते नेमके कशा तऱ्हेने बसवावेत हे शास्त्रज्ञांना माहीत नव्हते. लवकरच विश्वासाहर्ही पद्धतीने चालण्यासाठी काय करावे हे त्यांना कळून



सिलिकॉनच्या तुकड्यावरील दोन ट्रान्झिस्टर

चुकले. त्याचबरोबर ते अधिक लहान व स्वस्तात बनवण्याचे मार्गही त्यांनी शोधले.

संगणकांच्या इतिहासात ट्रान्झिस्टरचा शोध ही एक मोठीच क्रांतिकारी घटना मानावी लागेल. ज्या वेळी केवळ एकमेकांत बसवलेली चाके व दातेरी चाकेच होती, त्या काळी संगणक बनवणे शक्यच नव्हते. एकदा विजेच्या प्रवाहांचा व इलेक्ट्रॉनिक ट्यूबचा शोध लागल्यावर ते बनवणे शक्य झाले; पण तरीही ते अवाढव्य व अत्यंत खर्चिक होते.

ट्रान्झिस्टरच्या शोधामुळे ते लहान व स्वस्तात बनवणे शक्य झाले. वास्तविक संगणकात ट्रान्झिस्टरचा वापर सुरू झाल्यानंतरच ते अधिकाधिक लहान बनवणे शक्य झाले.

## ५ | चिप्स आणि मायक्रोचिप्स

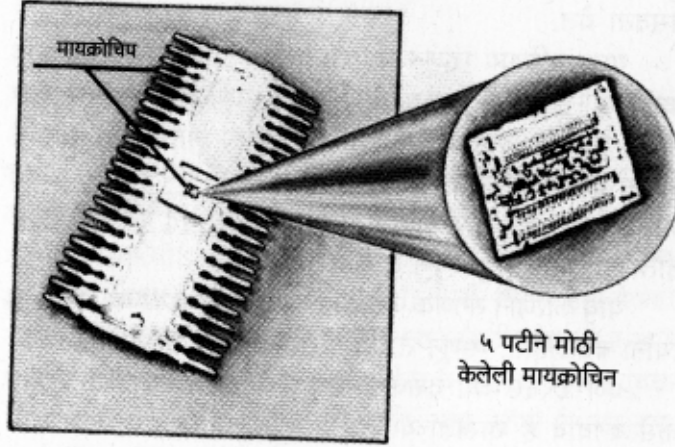
सुरुवातीला सर्व काही लहान बनवण्याची ही क्रिया मर्यादितच होती. संगणक पूर्वीच्या पद्धतीनेच बनवले जात असत, फक्त ट्यूब घालण्याऐवजी आता त्यात ट्रान्झिस्टर घातला जात असे व तो बराच लहान असे. शिवाय ट्यूबपेक्षा ट्रान्झिस्टर अधिक जवळजवळ बसवता येत.

याचा परिणाम म्हणून संगणक लहान झाले; पण संगणकात काही ट्रान्झिस्टर ही एकच वस्तू नसते. प्रत्येक ट्रान्झिस्टर इतर अनेक भागांना जोडावे लागतात. ट्रान्झिस्टर आणि इतर भागांचे मिळून एक मंडल किंवा सर्किट बनते व या मागाने विजेचा प्रवाह जातो. ट्रान्झिस्टर म्हणजे हा प्रवाह सुरू किंवा बंद करणारी बटणे होती, ते काही मंडल पूर्ण करू शकत नव्हते.

याच कारणाने संगणक जरी लहान झाले तरी मंडलांच्या आकाराचे त्यांना बंधन होते, म्हणून ते याहून लहान होऊ शकत नव्हते.

पण १९६० च्या दशकात संपूर्ण मंडल अधिकाधिक लहान कसे बनवावे हे शास्त्रज्ञांच्या लक्षात येऊ लागले.

शुद्ध सिलिकॉनच्या अगदी पातळ अशा लहान तुकड्यांपासून सुरुवात करून त्यात त्यांनी अत्यंत सूक्ष्म प्रमाणात इतर द्रव्यांचे मिश्रण केले. या पत्र्यातून अनेक छोटे भाग कोरून काढता येत असत व ते एखाद्या मंडलाच्या स्वतंत्र भागाप्रमाणे कार्य करू शकत. हे निरनिराळे भाग धातूच्या पट्ट्यांनी एकमेकांना जोडता येत असत. त्यामुळे एक संपूर्ण मंडल तयार होई. म्हणजेच संपूर्ण मंडल किंवा सर्किट सिलिकॉनच्या एका छोट्याशा तुकड्यावर किंवा 'चिप' वर मावे.



हळूहळू शास्त्रज्ञांना या चिप अधिकाधिक लहान बनवण्यात यश आले व मायक्रोचिप उदयाला आली. छोट्याशा जागेत अधिकाधिक मंडले बसवणेही त्यांना जमू लागले. अखेर अशी साधने सूक्ष्मदर्शक यंत्राखाली बनवावी लागण्याइतकी लहान झाली.

कालांतराने संगणक आकाराने अतिशय लहान झाले, तरीही एनिआक करू शकत असे त्यापेक्षा कितीतरी अधिक कामे तो कितीतरी जलद गतीने करू शके. अर्थात, त्यांची किंमतही आता खूपच कमी झाली आहे.

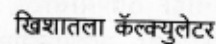
काही थोड्या रुपयांत आता खिशात ठेवण्यासारखा कॅल्क्युलेटर घेता येतो आणि तो बेरीज, वजाबाकी, गुणाकार, भागाकार इतकेच नव्हे, तर गणितातील अनेक प्रक्रिया क्षणार्धात करू शकतो व त्यासाठी अत्यल्प ऊर्जेची गरज असते.

माझ्याकडे असा एक खिशातला कॅल्क्युलेटर आहे, त्यात एक विशेष प्रकारची फोटोइलेक्ट्रिक बॅटरी आहे. सूर्यप्रकाशात ही बॅटरी लहान प्रमाणात वीज तयार करते. टेबलावरच्या नेहमीच्या दिव्याखाली ठेवून काम केले तर तेवढ्या ऊर्जेवरदेखील कॅल्क्युलेटर चालू शकतो. त्यासाठी त्याला विजेच्या उपकरणाची गरज नाही किंवा त्याची बॅटरीही बदलावी लागत नाही.

माझ्याकडेचा इलेक्ट्रॉनिक संगणक यापेक्षा थोडासाच मोठा आहे. त्याच्या कार्यप्रणालीद्वारे ४० वर्षांपूर्वीच्या एनिआकपेक्षा तो कितीतरी अधिक गोष्टी जलद गतीने लीलया करू शकतो. शिवाय एनिआकला एक मोठी खोली व प्रचंड प्रमाणावरील ऊर्जेची गरज होती; पण माझा संगणक तर कोटाच्या खिशात मावतो.

थोडक्यात सांगायचे तर :

१९५० च्या दशकात अमेरिकन सरकारने करसंकलनासंबंधीच्या नोंदी ठेवण्यासाठी, अण्वस्त्रांशी संबंधित गुंतागुंतीच्या आकडेमोडीसाठी, अंतराळसंशोधनातील रशियाच्या



संगणकावर बुद्धिबळ खेळण्याची कार्यप्रणाली लावता येते व खेळाडू संगणकावर मात करू शकतो. बुद्धिबळाचे काही खेळ तर इतक्या उत्तम दर्जाचे आहेत, की केवळ काही निष्णात खेळाडूच संगणकाला यात हरवू शकतात. कदाचित अशीही एक वेळ येईल, की बुद्धिबळाचा जागतिक विजेता एखादा संगणकच असेल!

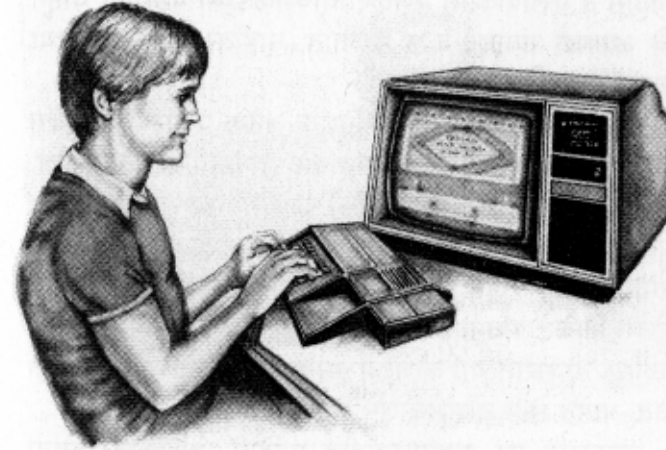
घरातील संगणक काही कामेही करू शकतात. उदाहरणार्थ, हे पुस्तक आता संगणकावरच लिहिले जात आहे.

मी टंकलिखित केलेले शब्द एका दूरचित्रवाणीच्या पडद्यावर दिसतात. एक पान लिहिल्यावर थांबून मी ते वाचू शकतो, त्यातले काही शब्द किंवा संपूर्ण परिच्छेददेखील परत लिहू शकतो. 'की बोर्ड'वरील एखादे बटण दाबून एखाद-दुसरा शब्द, एखादे संपूर्ण वाक्य किंवा परिच्छेदही काढून टाकू शकतो. तसेच काही बटणे दाबून नवीन शब्द, वाक्य अगर परिच्छेदही लिहू शकतो. परिच्छेदांचा क्रम बदलू शकतो, पृष्ठक्रमांक बदलू शकतो, संपूर्ण पुस्तकातील एखादा शब्द शोधू शकतो किंवा अशुद्ध लेखन झालेल्या शब्दाकडे लक्ष वेधू शकतो.

दुसऱ्या शब्दात सांगायचे तर, संगणकाला योग्य त्या सूचना देऊन माझ्या लिखाणाचे मी पडद्यावरच संपादनही करू शकतो.

मी जे काही केले असेल त्यात खाडाखोडीच्या काहीच खुणा राहात नाहीत. पूर्ण झालेले काम पडद्यावर स्वच्छ आणि नीटनेटकेच दिसते.

वाटलेच तर लिहिलेली सर्व पाने टंकलिखित केल्याप्रमाणे आपोआप कागदावर छापूही शकतो. फरक इतकाच, की माझ्या टाइप करण्याच्या गतीपेक्षा निदान चौपट तरी गतीने हे काम होते. विशेष म्हणजे, पडद्यावर वाचून पाहताना मी जर निष्काळजीपणाने यात काही चुका ठेवल्या नसतील, तर सर्व काही अचूकपणे छापले जाते.



टेलिव्हिजनला जोडलेला कॉम्प्युटरवरील खेळ

अशा तऱ्हेच्या कामाची कार्यप्रणाली, फोनोच्या लहानशा तबकडीसारख्या एका पातळ प्लास्टिकच्या लवचीक चकतीवर नोंदवलेली असते. त्याला सहसा 'फ्लॉपी डिस्क' असे म्हणतात. पडद्यावरील सर्व शब्द या तबकडीवर नोंदवलेले असतात. माझ्या एका फ्लॉपीवर टाइप केलेल्या १२५ पानांइतका किंवा या आकाराच्या चार पुस्तकांइतका मजकूर राहतो.

मला वाटल्यास पुस्तकांचा मजकूर छापून न घेता मी फ्लॉपी डिस्कच प्रकाशकांकडे पाठवू शकतो. त्यांच्याकडे यंत्रसामग्री असल्यास ते फ्लॉपीवरील मजकूर त्यांच्याकडच्या पडद्यावर पाहून त्याचे आणखी संपादन करू शकतात, नाहीतर थेट पुस्तकाच्या स्वरूपात छापूही शकतात.

लवकरच प्रत्येक घरातील संगणक अनेक प्रकारची उपयुक्त माहिती उपलब्ध असणाऱ्या दूरच्या महासंगणकाला जोडले जातील.

मग, तुमच्या घरातल्या 'की बोर्ड'वर योग्य त्या सूचना नोंदवून, उद्याचे हवामान कसे असेल किंवा त्या वेळच्या ताज्या बातम्या वा घडामोडी काय आहेत, शेअर बाजाराची काय परिस्थिती आहे, नाहीतर क्रिकेट मॅचमध्ये काय घडत आहे; इतकेच नव्हे, तर जवळच्या बाजारातल्या कोणत्या वस्तू आज सवलतीच्या दरात मिळत आहेत हेही तुम्ही जाणून घेऊ शकाल.

जगातल्या सर्व वाचनालयातील माहिती संगणकावर ठेवता येईल, म्हणजे योग्य ते प्रश्न विचारून तुम्हाला हवी ती माहितीही घरबसल्या मिळेल. एखाद्या विषयावरील सर्व पुस्तकांची यादी मिळवता येईल. एखाद्या पुस्तकातील विशिष्ट पाने किंवा एखाद्या विषयावरील एखादाच परिच्छेददेखील संगणक तुम्हाला दाखवू शकेल. त्यापैकी महत्त्वाची अशी काही माहिती तुम्ही कागदावर छापूनही ठेवू शकाल.

असे झाले की संगणक हे एक शिकण्याचे साधन बनेल.



आयझॅक आसिमोव्ह आणि त्याचा संगणक

लहान-थोर कोणीही संगणकाला योग्य ते प्रश्न विचारून व त्याने दिलेल्या माहितीच्या आधारे आपल्या ज्ञानात भर घालू शकेल.

या सर्वांकडे पाहता, आपण आपल्याला असा प्रश्न विचारायला हवा, की एक दिवस संगणकच मानवापेक्षा अधिक हुशार होईल का? मानव करू शकतो त्या सर्व गोष्टी आणि त्याहूनही अधिक काही तो करू शकेल का? प्रत्यक्षात तो माणसाची जागा घेईल का?

बहुधा नाही.

मानवी मेंदूत सुमारे १ अब्ज न्यूरॉन्स म्हणजे चेतापेशी अथवा मज्जापेशी असून, त्यापैकी प्रत्येक इतर अनेकांना जोडलेली असते.

आतापर्यंतच्या कोणत्याच संगणकात इतके भाग नसतात; आणि जरी समजा ते असलेच, तरीही चेतापेशी म्हणजे काही ट्रान्झिस्टरसारखी बटणे नव्हेत, किंवा एखाद्या मंडलाद्वारे तयार झालेला मार्गही नव्हे. प्रत्येक चेतापेशी ही कोट्यवधी गुंतागुंतीच्या रेणूंची बनलेली असते. यातील प्रत्येक पेशी आपण तयार केलेल्या कोणत्याही संगणकापेक्षा अधिक गुंतागुंतीची असते.

संगणक काही गोष्टी मानवी मेंदूपेक्षा अधिक चांगल्या रीतीने करू शकतो. शंभर वर्षांपूर्वीचे हॉलरिथचे भोकाच्या काडाचे यंत्रही काही गणिती समस्या मानवी मेंदूपेक्षा जलद गतीने व जवळजवळ बिनचूकरीत्या करत असे.

तथापि, अंतर्ज्ञान, कल्पनाशक्ती, स्वप्नरंजन, निर्मितीक्षमता, समजूत आणि सर्जनशीलता या मानवी मेंदूच्या विशेष क्षमता संगणकाकडे नाहीत; आणि यासाठी आपण संगणकाला विशेष अशी कार्यप्रणालीही देऊ शकत नाही, कारण या क्षमता आपल्याकडे कशा आल्या आणि आपण त्या कशा प्रकारे वापरतो हे आपल्यालाही अद्याप उमजलेले नाही.

उदाहरणार्थ, मी एखादी गोष्ट लिहितो, तेव्हा मला जमेल त्या

गतीने एकामागून एक असे शब्द योग्य त्या क्रमाने लिहीत जातो.

हे काम मी संगणकाला कसे काय सांगणार? त्याच्या मेमरीत एक संपूर्ण शब्दकोश जरी घातला, तरीही प्रथम कोणता शब्द लिहायचा, नंतर कोणता व त्यानंतर आणखी काय लिहायचे हे मी त्याला कसे सांगणार? मी जशी एखादी पूर्णपणे नवीन गोष्ट लिहितो, त्यासाठी शब्द शोधून ते कोणत्या क्रमाने यायला हवेत हे मी त्याला कसे दाखवणार? कारण मी नवी गोष्ट कशी लिहितो ते मला तरी कोठे माहीत आहे?

कदाचित यासाठी संगणकाला कशी कार्यप्रणाली द्यायची हे समजेलही, पण ती एवढी गुंतागुंतीची आणि प्रचंड असेल, की तशा प्रकारचा संगणक बनवण्यात काहीच अर्थ असणार नाही. माणूस हे काम स्वतःच सहजपणे करू शकतो.

त्याऐवजी आपल्याकडे दोन निरनिराळ्या प्रकारची कौशल्ये असतील : मानवी हुशारी व संगणकाचे कौशल्य. प्रत्येकाला जे कार्य चांगले करता येते ते त्याने करावे आणि एकमेकांशी सहकार्य करावे. कोणाही एकाला जमण्यास कठीण अशा प्रकारचे मोठे कार्य ते एकत्रितरीत्या करू शकतील.

भविष्याचा थोडासा विचार करून पहा; मानव व संगणक एकमेकांच्या सहकार्याने विस्मयजनक कार्य करू शकतील.

एक दिवस असाही उजाडेल, की विश्वाचे रहस्य उलगडण्यासाठी जेव्हा माणसांना संगणक हा मित्र व सहाय्यक नव्हता, त्या दिवसांची कल्पनादेखील त्याला करवणार नाही.

आणि तोपर्यंत जर संगणकांना विचार करता आला, तर ज्या गोष्टी त्यांना करता येत नाहीत, त्यासाठी मानवप्राणी अंदाज बांधून आपली कल्पनाशक्ती कशी लढवू शकतो, याचा त्यांनाही विस्मय वाटेल.

शिकायची आणि शिकवायची आवड असणाऱ्या  
प्रत्येकासाठी तसेच मुलांचे कौशल्य वाढविणारी  
मनोविकास प्रकाशनची पुस्तकं

---

आपले विश्व

आनंद घैसास

मूल्य : ₹ १५०

आपली सूर्यमाला

आनंद घैसास

मूल्य : ₹ १५०

दुर्बिणी आणि वेधशाळा

आनंद घैसास

मूल्य : ₹ १५०

डार्विनचे आत्मचरित्र

अनुवाद : सविता घाटे

मूल्य : ₹ ६०

युनिस्को

विज्ञान शाळेतले विज्ञान घरातले

भास्कर धोंडो केशव कर्वे

मूल्य : ₹ १७०

मुलांसाठी मेडिकल

जनरल नॉलेज (भाग १ ते ५)

डॉ. जगन्नाथ दीक्षित

मूल्य : ₹ ३५०

खेळ खेळूया विज्ञानाचे

(भाग १ ते ३)

आनंद घैसास

मूल्य : प्रत्येकी ₹ ६०

युवा-विज्ञान कुतूहल

(भाग १ ते ३)

आनंद घैसास

मूल्य : प्रत्येकी ₹ ८०

निर्मितीचं आकाश

इयत्ता तिसरी ते आठवीच्या

विद्यार्थ्यांसाठी

रेणू दांडेकर

मूल्य : ₹ ६०

वैज्ञानिक प्रकल्प

भालचंद्र मयेकर

मूल्य : ₹ ८०

प्रयोगशाळेशिवाय

विज्ञान प्रयोग

भालचंद्र मयेकर

मूल्य : ₹ ७०